

RANCANG BANGUN SISTEM PERCEPATAN PADA BIDANG DATAR DENGAN PRINSIP GERAK LURUS BERBASIS SENSOR ULTRASONIK

Muhamad Armansyah¹⁾, Imam Sucahyo²⁾

¹⁾ Mahasiswa Program Studi Fisika Universitas Negeri Surabaya, email: muhamadarmansyah@mhs.unesa.ac.id

²⁾ Dosen Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email: i.sucahyo@gmail.com

Abstrak

Penelitian laboratorium ini bertujuan menghasilkan rancangan dan *prototype* sistem percepatan menggunakan prinsip gerak lurus yang diperoleh dari pengukuran perubahan jarak. Penelitian ini terdiri dari sistem perangkat keras dan sistem perangkat lunak maupun elektrik. Sistem perangkat keras terdiri atas benda sebagai pemantul dari gelombang ultrasonik, massa beban, tali sebagai penghubung antara benda dengan massa beban, lintasan, penahan benda agar tidak lepas, dan katrol. Sistem elektronik meliputi rangkaian sensor ultrasonik menggunakan *HC-SR04* yang menghasilkan frekuensi sebesar 40 KHz. Pengambilan data dilakukan dengan pengulangan sebanyak 10 kali. Massa beban yang digunakan untuk menggerakkan benda sebesar $3,11 \times 10^{-3}$ kg, $3,46 \times 10^{-3}$ kg, $3,82 \times 10^{-3}$ kg, $4,18 \times 10^{-3}$ kg, dan $4,47 \times 10^{-3}$ kg. Jarak awal benda sebesar 0,33 m dan jarak akhir benda sebesar 0,56 m, 0,65 m, dan 0,75 m. Sehingga didapatkan percepatan untuk nilai *error* terbesar pada masing-masing jarak akhir sebesar 23,08 %, 8,33 %, dan 13,04 %. Hasil dari *error* didapatkan dari selisih nilai yang terukur pada alat dengan nilai pada *photogate timer* dibagi nilai pada *photogate timer*. Pada penelitian ini sudah maksimal namun terdapat kendala, hal ini dikarenakan keterbatasan keakurasian dari sensor ultrasonik *HC-SR04* dan faktor ruangan mulai dari keseimbangan meja alat praktikum sehingga alat mudah bergoyang dan tentunya mempengaruhi hasil yang didapat.

Kata Kunci: Hukum II Newton, Gerak Lurus, Sensor Ultrasonik, Percepatan.

Abstract

This laboratory study aimed to product a acceleration system design and *prototype* using the principle of straight motion obtained from measurements of distances change. This study consists of a hardware system and a software or electrical system. The hardware system consists of objects as reflectors of ultrasonic waves, mass of loads, rope as a connet between objects with mass loads, track, object restraints so as not to tumble, and pulley. Electronic systems include an ultrasonic sensor circuit using *HC-SR04* which produces a frequency of 40 kHz. Data collection was performed with 10 times. The load mass used to move objects is $3,11 \times 10^{-3}$ kg, $3,46 \times 10^{-3}$ kg, $3,82 \times 10^{-3}$ kg, $4,18 \times 10^{-3}$ kg, dan $4,47 \times 10^{-3}$ kg. The object initial distance is 0,33 m and the object final distance is 0,56 m, 0,65 m and 0,75 m. So that the acceleration for the most *error* at each final distance is 23,08 %, 8,33 %, and 13,04 %. The result of the *error* is obtained from the difference in the measured value of the instrument with the value in the *photogate timer* divided by the value on the *photogate timer*. In this study the researcher has the maximum but there are obstacles, the limitations of the accuracy of the ultrasonic sensor *HC-SR04* and room factors starting from the balance of the practicum table so that the instrument easily waver and certainly influence the result.

Keywords: Newton's Second Law, Straight Motion, Ultrasonic Sensor, Acceleration.

PENDAHULUAN

Pada hakikatnya ilmu fisika lahir dan berkembang dari hasil eksperimen. Dalam fisika terdapat dua hal yang berkaitan serta tidak dapat dipisahkan, yaitu eksperimen dan telaah teori. Eksperimen dapat dilakukan dengan melibatkan suatu sistem pengukuran. Sistem pengukuran merupakan gabungan aktivitas, prosedur, alat ukur, perangkat lunak, dan subjek yang berguna untuk mendapatkan data hasil pengukuran terhadap karakter yang di ukur. Alat ukur yang digunakan dalam pengukuran harus sesuai dengan besaran yang hendak di ukur dan alat ukur sebaiknya memiliki ketelitian yang baik agar memperoleh hasil pengukuran yang tepat.

Penelitian yang berhubungan dengan percobaan tersebut adalah penelitian Habibi (2015) yang menjadi dasar penelitian ini dilakukan. Habibi merancang alat ukur kecepatan dengan menggunakan prinsip *efek doppler*. Dengan menggunakan sensor ultrasonik sebagai pengukur jarak. Pada jarak yang ditentukan, maka *timer* dalam arduino akan mendeteksinya. Pada benda diberi motor DC dengan tegangan antara 7 V – 9,4 V dan jarak antara photogate antara 30 cm, 50 cm, dan 70 cm sebagai variabel manipulasinya . Dalam penelitian ini didapatkan kekurangan, yakni pengukuran bersifat fluktuaktif sehingga mempengaruhi tingkat keakurasian sensor ultrasonik. Faktor-faktor tersebut seperti suhu,

kelembaban, gaya gesek udara, dan pancaran sensor yang menyebar. Pada penelitian terdapat nilai *error* tertinggi sebesar 12,26 %. Pada penelitian ini didapatkan hubungan yang berbanding lurus antara kecepatan dengan tegangan yang diberikan.

Penulis merencanakan penelitian skripsi dengan tahapan pengambilan data yang diperoleh dari percobaan *photogate timer*. Kemudian dilakukan pembandingan pada sensor ultrasonik. Lintasan dibuat berupa lintasan bidang datar. Dimana jarak penempatan sensor *photogate timer* disesuaikan dengan jarak yang telah diatur pada sensor ultrasonik. Sehingga nantinya didapatkan waktu yang dibutuhkan pada jarak ketika benda bergerak. Kemudian akan diolah data tersebut ke dalam grafik kurva orde dua untuk mendapatkan nilai percepatan.

Gerak Lurus

Nisa dkk (2014) menyebutkan jika suatu benda yang sedang bergerak pada suatu lintasan yang lurus disebut dengan gerak lurus. Gerak lurus juga termasuk ke dalam kinematika satu dimensi. Dalam gerak lurus terdapat beberapa besaran yang terlibat seperti waktu, perpindahan, kecepatan rata-rata, dan percepatan rata-rata.

Perpindahan dapat diartikan sebagai perubahan jarak suatu benda dalam selang waktu tertentu. Perubahan jarak suatu benda dari jarak awal ke jarak yang dituju dapat dinyatakan ke dalam (Young, 2002):

$$\Delta \vec{x} = \vec{x}_t - \vec{x}_o \quad (1)$$

Dimana \vec{x} menyatakan jarak, $\Delta \vec{x}$ menyatakan perubahan jarak, \vec{x}_o menyatakan jarak awal, dan \vec{x}_t menyatakan jarak akhir.

Kecepatan rata-rata selama selang waktu tertentu sama dengan perpindahan rata-rata selama selang waktu tersebut, dapat dinyatakan dengan:

$$\vec{v} = \frac{\vec{x}_t - \vec{x}_o}{t_t - t_o} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t} \quad (2)$$

Dimana Δt menyatakan perubahan waktu, t_o menyatakan waktu awal, dan t_t menyatakan waktu akhir.

Percepatan adalah seberapa cepat sebuah benda saat bergerak. Percepatan rata-rata dapat dinyatakan ke dalam:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v}_t - \vec{v}_o}{t_t - t_o} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \quad (3)$$

Dimana $\Delta \vec{v}$ menyatakan perubahan kecepatan, \vec{v}_o menyatakan kecepatan awal, dan \vec{v}_t menyatakan kecepatan akhir.

Gerak lurus dikelompokkan menjadi dua, yaitu Gerak Lurus Beraturan (GLB) dan Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB). Perbedaan diantara keduanya terletak pada ada tidaknya percepatan.

Kanginan (2006) menyatakan bahwa Gerak Lurus Beraturan (GLB) adalah gerak lurus pada obyek, dimana pada gerak ini kecepatannya konstan sehingga tidak ada

percepatan, sehingga jarak yang dituju adalah kecepatan dikalikan waktu. Dapat dituliskan ke dalam persamaan:

$$\vec{x} = \vec{v} \cdot t \quad (4)$$

Dimana \vec{x} menyatakan jarak dengan satuan meter, \vec{v} menyatakan kecepatan dengan satuan meter per sekon, dan t menyatakan waktu dengan satuan sekon.

Dalam buku karangan David and Resnick (1997) mengatakan bahwa Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB) terjadi bila ada suatu benda yang bergerak pada suatu lintasan dengan kecepatan yang berubah-ubah secara teratur pada setiap detiknya. Dalam hal ini gerak yang dilakukan benda dari suatu keadaan awal yang diam maka akan bergerak dengan kecepatan awal hal ini disebabkan karena adanya percepatan. Dapat dituliskan ke dalam persamaan:

$$\vec{v}_t = \vec{v}_o + \vec{a} \cdot t \quad (5)$$

$$\vec{v}_t^2 = \vec{v}_o^2 + 2 \cdot \vec{a} \cdot \vec{x} \quad (6)$$

$$\vec{x} = \vec{v}_o \cdot t + \frac{1}{2} \cdot \vec{a} \cdot t^2 \quad (7)$$

Dimana \vec{x} menyatakan jarak dengan satuan meter, \vec{v}_o menyatakan kecepatan awal dengan satuan meter per sekon, \vec{v}_t menyatakan kecepatan akhir dengan satuan meter per sekon, dan \vec{a} menyatakan percepatan dengan satuan meter per sekon kuadrat.

Hukum II Newton

Dalam teorinya, Newton mengatakan bahwa, *jika ada sebuah benda di beri gaya total yang besarnya tidak sama dengan nol, maka benda yang awalnya diam akan mengalami percepatan yang sebanding dan searah dengan resultan gaya, serta berbanding terbalik dengan massa beban benda itu sendiri*. Pernyataan tersebut dikenal dengan Hukum II Newton. Hukum Newton secara umum menyatakan adanya hubungan antara massa, gaya, dan gerak benda dimana kita akan dapat mengetahui gaya yang diberikan pada benda setelah kita mengetahui besarnya percepatan. Berdasarkan pernyataan dari Hukum II Newton tersebut dapat dikatakan bahwa semakin besar gaya yang akan diberikan pada suatu benda, maka semakin besar pula nilai percepatan benda yang bergerak yang dialami pada benda dan begitu juga sebaliknya (Astono, 2004). Gaya yang menyebabkan suatu benda bergerak disebut dengan gaya penggerak yang didefinisikan sebagai suatu momentum tiap sekon yang dituliskan ke dalam persamaan:

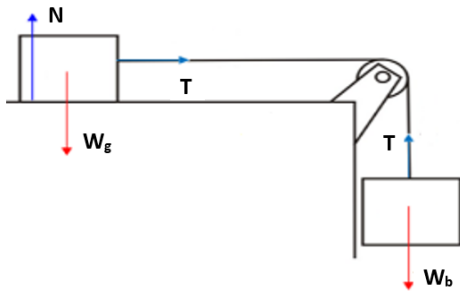
$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} \equiv \vec{p} \quad (8)$$

Karena dianggap tetap untuk semua benda, maka massa benda menjadi konstan, kemudian menjadi persamaan 9 (Nakayama, 2018):

$$\vec{F} = \frac{d(m\vec{v})}{dt}$$

$$\vec{F} = m \frac{d\vec{v}}{dt} \equiv m \cdot \vec{a} \quad (9)$$

Dari penjelasan itu tadi adalah bentuk pendekatan secara eksperimen, secara teori, dapat dilakukan dengan menggambar diagram benda bebas dari gambar 1 pada berikut ini:



Gambar 1. Diagram Benda Bebas

Dari diagram benda bebas tersebut, Astono (2014) mengatakan bahwa terdapat gaya-gaya di sumbu x dan sumbu y. Gaya-gaya tersebut dilihat dari masing-masing benda, yakni:

- Gaya benda pada sumbu y:

$$\begin{aligned} \sum \vec{F}_y &= m_b \cdot \vec{a} \\ \vec{W}_b - \vec{T} &= m_b \cdot \vec{a} \\ m_b \cdot \vec{g} - \vec{T} &= m_b \cdot \vec{a} \end{aligned} \quad (10)$$

- Gaya benda pada sumbu x:

$$\begin{aligned} \sum \vec{F}_x &= m_g \cdot \vec{a} \\ \vec{T} &= m_g \cdot \vec{a} \end{aligned} \quad (11)$$

Untuk menentukan percepatan dari sistem dengan cara mensubstitusikan persamaan 11 dan persamaan 10 yang dituliskan dalam persamaan:

$$\begin{aligned} m_b \cdot \vec{g} - m_g \cdot \vec{a} &= m_b \cdot \vec{a} \\ m_b \cdot \vec{g} &= m_g \cdot \vec{a} + m_b \cdot \vec{a} \\ m_b \cdot \vec{g} &= (m_g + m_b) \cdot \vec{a} \\ \vec{a} &= \frac{m_b \cdot \vec{g}}{(m_b + m_g)} \end{aligned} \quad (12)$$

Dimana m_b menyatakan massa beban dengan satuan kilogram, m_g menyatakan massa benda dengan satuan kilogram, dan \vec{g} menyatakan percepatan gravitasi dengan besaran 10 meter per sekon kuadrat.

Sehingga didapatkan hubungan yang sebanding dari persamaan 12 antara percepatan dengan massa beban yakni semakin besar percepatan maka semakin besar pula massa beban yang digunakan, begitupun juga sebaliknya.

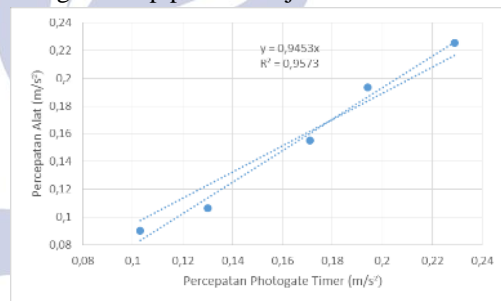
METODE

Penelitian yang dilakukan termasuk dalam jenis penelitian eksperimen yang berbasis pada laboratorium. Sensor ultrasonik dikalibrasi terlebih dahulu sebelum digunakan untuk pengujian. Pengujian dilakukan pada bidang datar dengan dengan perubahan jarak masing-masing sebesar jarak awal 0,33 m dan jarak akhir 0,56 m, jarak awal 0,33

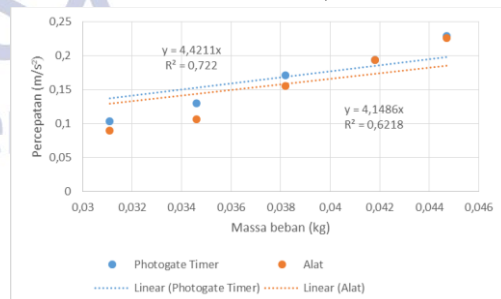
m dan jarak akhir 0,65 m, dan jarak awal 0,33 m dan jarak akhir 0,75 m. Pada setiap perubahan jarak dilakukan perubahan massa beban yakni $3,11 \times 10^{-3}$ kg, $3,46 \times 10^{-3}$ kg, $3,82 \times 10^{-3}$ kg, $4,11 \times 10^{-3}$ kg, dan $4,47 \times 10^{-3}$ kg. Variasi setiap massa beban dimaksudkan untuk mengetahui apakah efek yang dihasilkan dari nilai percepatan tersebut. Pengujian ini dilakukan pada sebuah lintasan lurus. Hasil dari photogate timer berbentuk data hasil kecepatan awal, waktu awal, kecepatan akhir, dan waktu akhir. Nantinya nilai percepatan didapatkan dengan memasukkan selisih kecepatan dibagi dengan selisih waktu. Sedangkan untuk sistem alat yang telah dirangkai hanya dihasilkan waktu dan jarak. Setelah itu dibuatlah grafik yang membentuk kurva orde dua. Dari gradien tersebut hasil percepatan akan dihasilkan. Setelah percepatan dari kedua sistem didapatkan kemudian dibandingkan. Perbandingan tersebut bertujuan untuk mengetahui tingkat kepresisian dan keakuratan dari alat. Dikarenakan pengujian ini dilakukan dengan 10 pengulangan, maka nilai percepatan dirata-rata.

HASIL DAN PEMBAHASAN

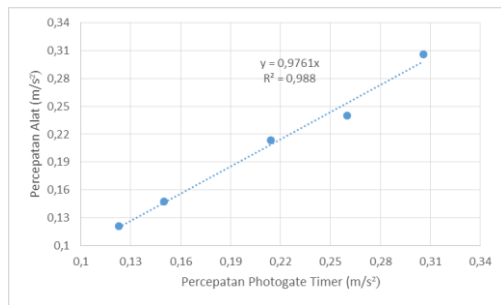
Penelitian ini dilakukan dengan memanipulasi massa beban dengan setiap perubahan jarak.



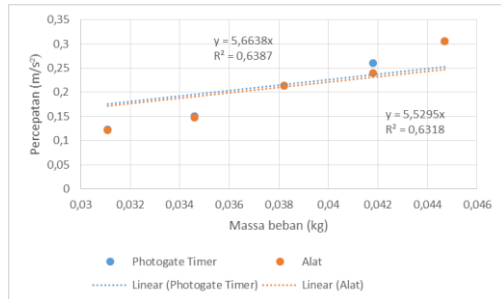
Gambar 2. Grafik Hasil Perbandingan Percepatan Photogate Timer dengan Alat pada Jarak Awal 0,33 m dan Jarak Akhir 0,56 m



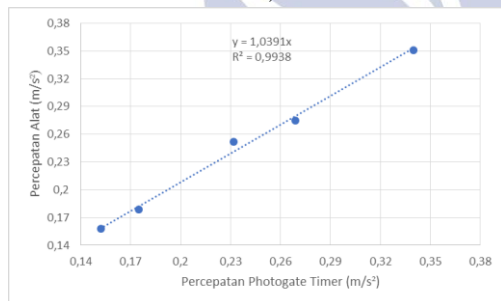
Gambar 3. Grafik Hasil Massa Beban Terhadap Percepatan Rata-rata pada Jarak Awal 0,33 m dan Jarak Akhir 0,56 m



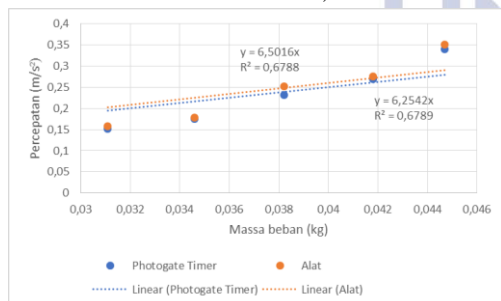
Gambar 4. Grafik Hasil Perbandingan Percepatan Photogate Timer dengan Alat pada Jarak Awal 0,33 m dan Jarak Akhir 0,65 m



Gambar 5. Grafik Hasil Massa Beban Terhadap Percepatan Rata-rata pada Jarak Awal 0,33 m dan Jarak Akhir 0,65 m



Gambar 6. Grafik Hasil Perbandingan Percepatan Photogate Timer dengan Alat pada Jarak Awal 0,33 m dan Jarak Akhir 0,75 m



Gambar 7. Grafik Hasil Massa Beban Terhadap Percepatan Rata-rata pada Jarak Awal 0,33 m dan Jarak Akhir 0,75 m

Pengujian sistem percepatan pada alat dilakukan dengan mevariasikan jarak dengan massa beban yang berbeda-beda. Hasil pengujian yang telah dilakukan dirangkum menjadi semakin lama waktu tempuh semakin jauh jarak yang dituju. Sehingga hasil uji dari alat membentuk grafik kurva orde dua karena adanya

kecepatan dari benda yang berubah semakin cepat. Dari hal ini tentu dapat dikatakan benda bergerak secara Gerak Lurus Berubah Beraturan. Pada grafik tersebut terdapat gradien $y = mx^2$ yang menjadi persamaan 13:

$$\vec{s} = \frac{1}{2} \cdot \vec{a} \cdot t^2 \quad (13)$$

Sehingga untuk mendapatkan nilai percepatan dengan m pada grafik dikalikan dua. Sedangkan untuk nilai koefisien korelasi grafik merupakan prediksi hasil uji sistem sesuai dengan teori. Dimana jika nilai $R^2 = 1$, maka hasil uji sistem tidak terdapat nilai *error* dan sesuai dengan teori.

Begitu juga dengan hasil uji sistem percepatan pada *photogate timer*, semakin jauh jarak yang dituju maka nilai kecepatannya akan meningkat. Dari hal ini tentu dapat dikatakan benda bergerak secara Gerak Lurus Berubah Beraturan. Dengan menggunakan persamaan 14 untuk mendapatkan percepatan rata-rata pada setiap pengulangan.

$$\vec{a} = \frac{\vec{v}_t - \vec{v}_o}{t} \quad (14)$$

Setelah didapatkan hasil pengujian sistem percepatan baik pada *photogate timer* maupun alat terdapat kesesuaian. Pada persamaan 12 menunjukkan hasil teori:

$$\vec{a} = \frac{m_b \cdot \vec{g}}{(m_b + m_g)} \quad (12)$$

Dari persamaan 12 ini didapatkan hubungan yang sebanding antara percepatan dan massa beban yaitu semakin besar percepatan maka semakin besar pula massa beban yang digunakan, begitupun juga sebaliknya. Karena massa beban dalam hal ini berfungsi sebagai gaya (\vec{F}).

Walaupun terdapat perbedaan nilai yang dihasilkan, namun hal ini masih dapat dimaklumi dengan adanya perbaikan-perbaikan pada sistem yang akan datang. Nilai-nilai *error* tersebut didapatkan karena faktor pertama, keterbatasan tingkat keakurasian dari sensor ultrasonik. Nilai keakurasian sensor ultrasonik *HC-SR04* sebesar 0,3 cm, sehingga ketika benda bergerak dengan cepat sensor akan sulit mendeteksi jarak tempuh benda. Faktor kedua, pengaruh permukaan meja di laboratorium yang tidak rata. Hal ini tentu akan banyak berpengaruh juga pada kecepatan dari benda saat bergerak. Meja yang tidak rata tersebut akan membuat lintasan akan mudah bergoyang saat benda bergerak.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan keseluruhan data dan pembahasan yang telah dijelaskan pada BAB VI, simpulan dari penelitian rancang bangun sistem percepatan pada bidang datar dengan prinsip gerak lurus berbasis sensor ultrasonik adalah sebagai berikut:

Penelitian ini menghasilkan sebuah sistem percepatan dengan menggunakan sensor ultrasonik. Sensor akan

mendeteksi jarak dan waktu yang nantinya akan membuat grafik. Dari hal ini nantinya grafik berbentuk kurva orde dua. Hal ini disebabkan karena adanya perubahan kecepatan pada setiap jarak. Dimana nilai percepatan dihitung dengan mengkalikan m pada grafik dengan 2. Sensor telah dikalibrasi dan dihasilkan akurasi sensor ultrasonik mencapai 99,33 % pada pembacaan jarak.

Hasil uji sistem percepatan bekerja cukup baik pada alat, karena terdapat kesesuaian dengan hasil dari percepatan pada *photogate timer*. Nilai *error* tertinggi hasil uji sistem percepatan pada jarak awal 0,33 m dan jarak akhir 0,56 m adalah 23,08 %, hasil uji sistem percepatan pada jarak awal 0,33 m dan jarak akhir 0,65 m adalah 8,33 %, dan hasil uji sistem percepatan pada jarak awal 0,33 m dan jarak akhir 0,75 m adalah 13,04 %. Dari data yang dihasilkan antara *photogate timer* dan alat didapatkan semakin besar nilai massa beban maka semakin besar percepatan yang dihasilkan.

Saran

Berdasarkan kendala-kendala yang dialami peneliti saat melakukan pengujian sistem percepatan alat, beberapa saran yang dapat disampaikan untuk penelitian selanjutnya, adalah pertama, memilih sensor ultrasonik yang memiliki tingkat keakurasian yang lebih baik karena harus dapat mendeteksi jarak saat benda bergerak dengan cepat dan kedua, meja yang digunakan pada saat proses pengujian sistem alat harus rata agar tidak terjadi hambatan pada saat benda bergerak.

DAFTAR PUSTAKA

- Alonso, M. and Finn, E. J. 1992. *Dasar-dasar Fisika Universitas edisi kedua*. Jakarta: Erlangga.
- Astono. 2004. *Common Textbook: Mekanika*. Yogyakarta: Penerbit UNY.
- David, H. and Resnick, R. 1997. *Fisika Jilid II Edisi Ketiga*, Diterjemahkan Oleh: Pantur Silaban Ph.D dan Drs. Edwin Sucipto. Jakarta: Erlangga.
- Habibi, N. dan Sucahyo, I. 2015. Perancangan Alat Ukur Kecepatan Menggunakan Sensor Ultrasonik dan Prinsip Efek Doppler. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*, 4(3), 48-54.
- Kanginan, M. 2006. *Fisika SMA Untuk Kelas X*. Jakarta: Erlangga.
- Nakayama, K. 2018. Remarks on Newton's second law for variable mass systems. *Eropean Journal of Physics*, 39(5).

- Nisa, C., Nurfitri, W., Santosa, A. dan Rahmawati, E. 2014. Perancangan Instrumentasi Pengukuran Waktu dan Kecepatan Menggunakan *DT-Sense Infrared Proximity Detector* Untuk Pembelajaran Gerak Lurus Beraturan. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Aplikasinya*, 4(1), 36-41.

- Suriasumantri, J. 2009. *Filsafat Ilmu Sebagai Sebuah Pengantar Populer*. Jakarta: Pustaka Sinar Harapan.

- Sutrisno. 1997. *Fisika Dasar Mekanika*. Bandung: Penerbit ITB.

- Young, H. 2002. *Fisika Universitas Edisi 10 Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.

